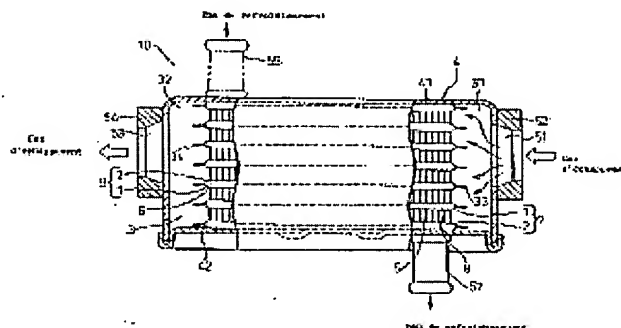


**Exhaust gas heat exchanger incorporating a coating lining the inner surface of the tubes carrying exhaust gases to prevent soot build-up****Patent number:** FR2809170**Publication date:** 2001-11-23**Inventor:** AKIHIRO MAEDA; HISAO NAGASHIMA; TAKADI OKOCHI**Applicant:** DENSO CORP (JP)**Classification:****- International:** *F02M25/07; F28D9/00; F28F19/02; F01P3/20; F02M25/07; F28D9/00; F28F19/00; F01P3/20; (IPC1-7); F02M25/07; F28F19/02; F01P3/12; F01P11/00; F28F3/08; F28F9/18; F28F21/08***- european:** F02M25/07B4L; F28D9/00F4; F28F19/02**Application number:** FR20010006652 20010521**Priority number(s):** JP20000149775 20000522**Also published as:**JP2001330394 (/)  
DE10124383 (A1)[Report a data error here](#)**Abstract of FR2809170**

A gas exhaust heat exchanger comprises several tubes (5, 7) forming the trajectory for the exhaust gas, a fluid circulating outside these tubes for heat exchange with the exhaust gas and a coating material, with an elevated resistance to temperature preventing the formation of soot, covering the inner face of at least one of the tubes forming the trajectory for the exhaust gas.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 809 170**

②① N° d'enregistrement national : **01 06652**

⑤① Int Cl<sup>7</sup> : F 28 F 19/02, F 28 F 3/08, 9/18, 21/08, F 01 P 11/00,  
3/12 // F 02 M 25/07

①②

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②② Date de dépôt : 21.05.01.

③③ Priorité : 22.05.00 JP 00149775.

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 23.11.01 Bulletin 01/47.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *DENSO CORPORATION — JP.*

⑦② Inventeur(s) : AKIHIRO MAEDA, HISAO  
NAGASHIMA et TAKADI OKOCHI.

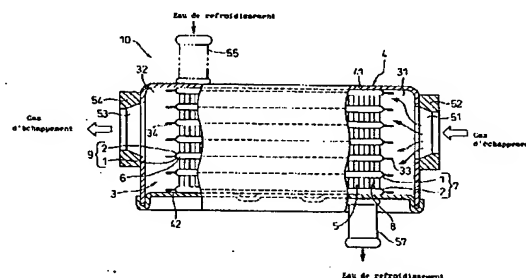
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤④ ECHANGEUR DE CHALEUR A GAZ D'ECHAPPEMENT.

⑤⑦ Cet échangeur de chaleur à gaz d'échappement (10)  
comporte des tubes (5, 7) formant trajet pour les gaz  
d'échappement avec lesquels un fluide à l'extérieur des tu-  
bes échange de la chaleur et un matériau de revêtement  
empêchant la formation de suie recouvre la face intérieure,  
d'au moins l'un des tubes formant trajet (5, 7) pour les gaz  
d'échappement.

Application notamment aux moteurs diesel.



FR 2 809 170 - A1



## ECHANGEUR DE CHALEUR A GAZ D'ECHAPPEMENT

La présente invention concerne un échangeur de chaleur utilisé pour un dispositif de recirculation des gaz d'échappement tel qu'un refroidisseur de gaz de sortie recirculants pour refroidir les gaz d'échappement recirculants par échange de chaleur entre des gaz d'échappement recirculants pour le dispositif de recirculation des gaz d'échappement, et l'eau de refroidissement d'un moteur à combustion interne.

La demande de brevet japonais publiée sans examen N° 9-310995 propose un échangeur de chaleur à gaz d'échappement tel qu'un refroidisseur de gaz d'échappement recirculants pour le refroidissement de gaz d'échappement recirculants (gaz EGR) utilisé pour un dispositif de recirculation des gaz d'échappement, dans lequel une partie des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne sont délivrés par une sortie d'un tuyau d'échappement et sont renvoyés à une tubulure d'aspiration du moteur à combustion interne, de sorte que la partie des gaz d'échappement est ajoutée au mélange devant être aspirée dans un cylindre. Dans cet échangeur de chaleur à gaz d'échappement, de la chaleur est échangée de la manière indiquée ci-après. Dans l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement, une pluralité de tubes de transfert thermique sont disposés sur une plaque porte-tubes par formage d'une tôle métallique qui est formée aux deux sections d'extrémité d'une paroi intérieure d'un tube cylindrique. De la chaleur est échangée entre les gaz d'échappement qui circule dans les tubes d'échange thermique et l'eau de refroidissement qui circule à l'intérieur des tubes d'échange thermique, de sorte que les gaz d'échappement peuvent être refroidis.

Dans cet échangeur de chaleur à gaz d'échappement, de la suie (particules contenant du carburant non brûlé et du carbone) tend à s'accumuler sur la surface intérieure du tube de transfert thermique du dispositif de recirculation des gaz d'échappement, c'est-à-dire que de la suie tend à

s'accumuler sur la face de transfert thermique. Lorsque de la suie s'accumule sur la face de transfert thermique, un trajet des gaz d'échappement dans le tube de transfert thermique se ferme et le trajet des gaz d'échappement est obstrué par de la suie. Lorsque la surface en coupe transversale du trajet des gaz d'échappement est réduite de cette manière, la résistance au tirage sur le côté d'arrivée des gaz d'échappement du dispositif de recirculation des gaz d'échappement augmente. De ce fait, le débit des gaz EGR est réduit. C'est pourquoi il devient difficile de garantir la quantité requise des gaz EGR.

En raison de l'obstruction de la face de transfert thermique dans le trajet des gaz d'échappement du tube de transfert thermique, la performance d'échange thermique de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement est altérée. Pour résoudre les problèmes indiqués précédemment, on décrit dans la demande de modèle d'utilité japonais non examinée publiée N° 1-144192, un procédé pour nettoyer périodiquement la face de transfert thermique du tube de transfert thermique de l'échangeur de chaleur utilisé pour la récupération de chaleur des gaz d'échappement, avec une solution de lavage.

Cependant, lorsque l'échangeur de chaleur utilisé pour récupérer la chaleur des gaz d'échappement est retiré du véhicule et lavé, ceci prend du temps et est coûteux. Pour empêcher qu'un dépôt, qui se produit lorsque du carburant est brûlé, n'adhère à la surface d'une soupape d'injection de carburant, on indique dans la demande de brevet japonais publiée sans examen N° 11-311168 un procédé pour déposer une couche réactive fixe d'un composé chimique constitué de perfluoropolyéther sur la surface de la soupape d'injection de carburant.

Il est possible d'appliquer ce procédé au tube de transfert thermique de l'échangeur de chaleur pour gaz d'échappement tel qu'un refroidissement de gaz EGR, mais

étant donné que la température de résistance à la chaleur de la couche réactionnelle fixe d'un composé chimique formé de perfluoropolyéther est égale à environ 200°C, il est impossible d'appliquer ce procédé à un tube de transfert thermique de l'échangeur de chaleur pour gaz d'échappement, dans lequel circulent les gaz d'échappement, dont la température monte à 500°C.

Un but de la présente invention est de fournir un échangeur de chaleur pour gaz d'échappement, dans lequel une pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement, dont les faces de transfert thermique (faces intérieures) sont recouvertes par un matériau de revêtement efficace pour empêcher l'adhérence de la suie, sont disposés en couches les unes au-dessous des autres.

Selon un premier aspect de l'invention, le matériau revêtement, dont la température de résistance à la chaleur est élevée et qui est efficace pour empêcher une adhérence de la suie, est déposé sur une face intérieure d'un trajet pour les gaz d'échappement d'au moins l'un d'une pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement d'un échangeur de chaleur pour gaz d'échappement.

De façon plus précise l'invention concerne un échangeur de chaleur à gaz d'échappement, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement, dans lesquels est formé un trajet pour les gaz d'échappement, que de la chaleur est échangée entre les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne circulant dans les tubes formant trajet pour les gaz d'échappement et un fluide circulant vers l'extérieur de la pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement et qu'un matériau de revêtement, dont la température de résistance à la chaleur est élevée et qui est efficace pour empêcher une adhérence de la suie, recouvre une face intérieure d'un trajet des gaz d'échappement d'au moins un tube parmi la pluralité de

tubes formant trajet pour les gaz d'échappement.

Sur la base de ce qui précède, il est difficile que de la suie s'accumule sur la face intérieure du trajet pour les gaz d'échappement formé par le tube dans le dispositif de recirculation des gaz d'échappement. C'est pourquoi il est possible de réduire l'apparition d'une obturation du trajet pour les gaz d'échappement dans le tube formant trajet pour les gaz d'échappement utilisé pour le dispositif de recirculation des gaz d'échappement. C'est pourquoi, la section transversale du trajet pour les gaz d'échappement n'est pas réduite, et un accroissement de la résistance de tirage sur le côté d'arrivée des gaz d'échappement du dispositif de recirculation des gaz d'échappement peut être réduit. Par conséquent il est possible d'empêcher une réduction du débit des gaz d'échappement recirculants.

Selon un second aspect de l'invention, la pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement sont réalisés en acier inoxydable en étant conformés d'une manière adaptée aux profils de pièces au moyen d'un formage à la presse, et que le matériau de revêtement est une pellicule de verre à base d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), dont l'épaisseur est comprise entre quelques micromètres et quelques dizaines de micromètres et qui est formée sur une face de transfert thermique de l'acier inoxydable. Etant donné que l'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) est lui-même du verre et est incombustible, il ne peut pas brûler lorsqu'il est utilisé dans un environnement, dont la température est égale à environ 500°C. C'est pourquoi le verre à base d'oxyde de silicium peut être utilisé d'une manière stable, et la suie est empêchée en permanence d'adhérer à la surface intérieure du trajet pour les gaz d'échappement du tube formant trajet pour les gaz d'échappement.

Selon un troisième aspect de l'invention, lorsque

les faces intérieures des trajets pour les gaz d'échappement d'une pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement sont immergées dans une solution de traitement de  $\text{SiO}_2$ , des pellicules de verre à base d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) sont formées sur les surfaces intérieures de la pluralité de tubes formant trajet pour les gaz d'échappement, de sorte que le coût de fabrication peut être réduit. Selon un quatrième aspect de l'invention, les ailettes de transfert thermique servant à faciliter l'échange thermique entre les gaz d'échappement et un fluide d'un moteur à combustion interne sont disposés entre deux tubes formant trajet pour les gaz d'échappement, qui sont adjacents l'un à l'autre.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

- la figure 1 est une vue représentant un modèle d'un dispositif de recirculation des gaz d'échappement destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne et possédant un échangeur de chaleur pour gaz d'échappement;

- la figure 2 est une vue représentant l'aspect extérieur d'un échangeur de chaleur pour gaz d'échappement;

- la figure 3 est une vue en coupe transversale prise suivant la ligne A-A sur la figure 2;

- la figure 4 est une vue en coupe transversale suivant la ligne B-B sur la figure 2; et

- la figure 5 est une vue en coupe transversale prise suivant la ligne C-C sur la figure 2.

En se référant aux dessins annexés, on va expliquer ci-après une forme de réalisation de la présente invention. Dans ce cas, la figure 1 est une vue représentant un dispositif de recirculation des gaz d'échappement destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne.

Dans un moteur à combustion interne (désigné ci-après sous le terme moteur), tel qu'un moteur diesel monté dans un véhicule tel qu'une automobile, il est prévu un dispositif 15 de recirculation des gaz d'échappement, destiné à être utilisé pour le moteur à combustion interne et qui fonctionne comme indiqué ci-après. Une partie des gaz d'échappement est prélevée du tuyau d'échappement 13 et est renvoyée à la tubulure d'admission 12 du moteur 11, c'est-à-dire que cette partie des gaz d'échappement est ajoutée au mélange devant être aspiré dans le cylindre 14. A cet égard, dans la culasse du moteur 11 il est également prévu une soupape d'admission 16 destinée à ouvrir et fermer un orifice d'admission et une soupape d'échappement 17 pour ouvrir et fermer un orifice d'échappement. Un piston 19 raccordé à un vilebrequin est disposé de manière à pouvoir glisser à l'intérieur du cylindre 14.

Le dispositif 15 de recirculation des gaz d'échappement destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne est un dispositif à reflux des gaz d'échappement comprenant: des tubes 21 à 23 de reflux des gaz d'échappement servant à guider les gaz d'échappement recirculants (gaz EGR), une soupape de commande de recirculation des gaz d'échappement 24 (désignée ci-après comme étant une soupape EGR) servant à régler le débit des gaz EGR en fonction de l'état de fonctionnement du moteur 11, et un échangeur de chaleur utilisé pour un dispositif de recirculation des gaz d'échappement du type à refroidissement par eau 10 (désigné comme étant un échangeur de chaleur à gaz d'échappement).

Dans la structure indiquée précédemment, la soupape EGR 24 comprend: un boîtier de soupape 20 disposé entre les tubes 22, 23 de reflux des gaz d'échappement, et un corps de soupape (soupape) 26 servant à ouvrir et fermer le trou de soupape 25 formé dans le boîtier de soupape 20. Dans la soupape EGR 24 la tige 27, à l'extrémité avant de laquelle

est fixé le corps de soupape 26, est raccordée au diaphragme 28. Sur un côté d'extrémité du diaphragme 28, il est prévu une chambre à dépression 29, dans laquelle une dépression est introduite, et à l'autre extrémité du diaphragme 28 il est prévu une chambre atmosphérique 30, dans laquelle l'atmosphère est introduite.

Ci-après, en référence aux figures 1 à 5, on va expliquer brièvement ci-après la structure de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 de cette forme de réalisation. Cet échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 est un refroidissement de gaz EGR servant à refroidir le gaz EGR par échange de chaleur entre l'eau de refroidissement du moteur 11 et les gaz EGR. L'échangeur à gaz d'échappement 10 comprend: un noyau d'échange thermique 3 comportant des plaques stratifiées qui sont constituées par une pluralité de plaques superposées et brasées d'un seul tenant dans le sens de l'épaisseur de la paroi, et un boîtier de noyau et un carter de noyau 4 servant à loger ce noyau d'échange thermique 3.

Dans le noyau d'échange thermique 3 une pluralité de premières plaques de formage 1 et une pluralité de secondes plaques de formage 2, qui sont réalisées respectivement avec des profils prédéterminés par formage à la presse, sont superposées dans le sens de l'épaisseur de paroi. En raison de la structure indiquée précédemment, les trajets 5 des gaz d'échappement dans lesquels les gaz EGR circulent, et les trajets 6 de l'eau de refroidissement, dans lesquels l'eau de refroidissement du matériau circule, sont disposés alternativement dans la direction de superposition.

Dans ce contexte, le trajet 5 des gaz d'échappement est formé dans le tube 7 formant trajet des gaz d'échappement, qui est agencé de telle sorte que la première plaque de formage 1, dont la face d'extrémité inférieure est disposée en saillie sur les figures 3 et 4,

et la seconde plaque de formage 2, dont la face d'extrémité supérieure est disposée en saillie sur les figures 3 et 4, sont placées l'une contre l'autre dans le sens de l'épaisseur de la paroi, et au moins la section d'extrémité avant et la section d'extrémité arrière sur le dessin sont réunies l'une à l'autre par brasage. C'est-à-dire que le trajet 5 du gaz d'échappement est formé entre un couple constitué par la première plaque de formage 1 et la seconde plaque de formage 2, qui sont adjacentes l'une à l'autre dans la direction verticale (sens de l'épaisseur de la paroi) sur le dessin.

Dans le tube 7 formant trajet des gaz d'échappement sont disposées les ailettes internes 8 (qui correspondent aux ailettes de transfert thermique selon la présente invention) servant à faciliter l'échange thermique entre les gaz EGR et l'eau de refroidissement, par accroissement d'une surface de contact avec les gaz EGR. Ces ailettes internes 8 sont des ailettes de transfert thermique du type à décalage, qui sont disposées de manière à être décalées les unes par rapport aux autres dans une direction perpendiculaire à la direction de circulation des gaz EGR, de sorte que la croissance de la couche limite de température des gaz EGR peut être réduite dans chaque trajet 5 des gaz d'échappement. Dans ce contexte, le côté amont de la pluralité de trajets 5 des gaz d'échappement communique avec la section formant réservoir d'entrée 31, qui est formée entre le noyau d'échange thermique 3 et le boîtier de noyau 4. Le côté aval de la pluralité des trajets 5 des gaz d'échappement communique avec la section formant réservoir de sortie 32 formé entre le noyau d'échange thermique 3 et le boîtier de noyau 4.

Dans ce contexte, le trajet 6 de l'eau de refroidissement est formé dans le tube 9 formant trajet pour l'eau de refroidissement, qui est constitué de telle sorte que la seconde plaque de formage 2, dont la face

d'extrémité inférieure est en renforcement sur les figures 3 et 4, et la première plaque de formage 1, dont la face d'extrémité supérieure est en renforcement sur les figures 3 et 4, sont placées l'une contre l'autre dans le sens de l'épaisseur de la paroi, et au moins la section d'extrémité de droite (section de jonction) 33 et la section d'extrémité de gauche (section de jonction) 34 sur les dessins sont réunies entre elles par brasage (dans cet exemple, la section d'extrémité avant et la section d'extrémité arrière sur le dessin sont réunies entre elles par brasage). C'est-à-dire que le trajet de l'eau de refroidissement est formé entre un couple constitué de la seconde plaque de formage 2 et de la première plaque de formage 1, qui sont adjacentes l'une à l'autre dans la direction verticale (sens de l'épaisseur de la paroi) sur le dessin.

Dans le tube 9 formant trajet pour l'eau de refroidissement, une pluralité de sections à ailettes 35, 36 sont formées d'un seul tenant sur les faces opposées de la seconde plaque de formage 2 et de la première plaque de formage 1. Ces sections à ailettes 35, 36 ont pour rôle de faciliter l'échange thermique entre les gaz EGR et l'eau de refroidissement en augmentant la surface de contact avec l'eau de refroidissement. En outre ces sections à ailettes 35, 36 ont pour rôle de réduire la taille d'une région de trajet de refroidissement 6, dans laquelle l'eau de refroidissement est stagnante. En outre, ces sections à ailettes 35, 36 ont pour rôle d'empêcher que la première plaque de formage 1 et la seconde plaque de formage 2 soient déformées par une charge appliquées aux plaques de formage lorsque le noyau d'échange thermique 3 est brasé provisoirement. En raison du rôle indiqué précédemment, le trajet 5 pour l'eau de refroidissement ne peut pas se fermer. Dans ce contexte, une section de réservoir côté entrée (non représentée) et une section de réservoir côté

sortie 38, qui communiquent avec des sections d'extrémité de la pluralité de trajets 6 de l'eau de refroidissement, sont prévues dans les deux sections d'extrémité des tubes 9 formant trajets pour l'eau de refroidissement.

5 Le boîtier de noyau 4 comprend: un réceptacle 41 du noyau, dont le profil est adapté à la forme du récipient servant à loger le noyau d'échange thermique 3, un capot de noyau 42 servant à fermer une partie d'ouverture de ce réceptacle 41 du noyau. Après avoir introduit une section  
10 d'extrémité circonférentielle extérieure du capot 42 du noyau dans la section d'extrémité d'ouverture du réceptacle 41 du noyau, on la fixe par brasage.

Dans la section de paroi latérale de droite du réceptacle 41 du noyau est prévue une entrée 51 pour les  
15 gaz EGR, qui est raccordée à la section de récipient d'entrée 31 qui communique avec une pluralité de trajets 5 des gaz d'échappement. L'entrée 51 des gaz EGR est raccordée à la section de jonction 52 d'introduction des gaz d'échappement, qui sert à réintroduire les gaz EGR dans  
20 le réceptacle 41 du noyau. Dans la section de paroi latérale de gauche du réceptacle 41 du noyau est disposée une sortie 51 pour les gaz EGR, qui est raccordée à la section de récipient de sortie 32 qui communique avec une pluralité de trajet 5 des gaz d'échappement. La sortie 53  
25 des gaz EGR est raccordée à la section de jonction 54 qui sert à évacuer les gaz d'échappement pour l'évacuation des gaz EGR, qui a participé à un échange thermique avec l'eau de refroidissement, hors du réceptacle 41 du noyau. Dans ce contexte, la section de jonction 52 d'introduction des gaz  
30 d'échappement est raccordée au tube 21 de reflux des gaz d'échappement, et la section de jonction 54 d'évacuation des gaz d'échappement est raccordé au tube 22 de reflux des gaz d'échappement. Tous deux sont agencés avec une forme sensiblement annulaire et sont réalisés en fer dont la  
35 surface est plaquée de nickel. A cet égard, les surfaces de

la section de jonction 52 d'introduction des gaz d'échappement et de la section de jonction 54 d'évacuation des gaz d'échappement peuvent ne pas être plaquées.

Dans la section de paroi de plafond sur le côté de l'extrémité supérieure du réceptacle 41 du noyau, il est prévu une entrée 55a pour l'eau de refroidissement, qui est raccordé au récipient côté entrée, qui communique avec une pluralité de trajets 6 de l'eau de refroidissement. L'entrée 55a pour l'eau de refroidissement est raccordée au tube 55 d'introduction de l'eau de refroidissement, dont le profil correspond sensiblement à un tube circulaire pour l'introduction de l'eau de refroidissement dans le noyau d'échange thermique 3. Dans le capot 42 du noyau est prévu un orifice 57a d'évacuation de l'eau de refroidissement, qui est raccordé à la section de récipient latéral côté sortie 38 et qui communique avec une pluralité de trajets 6 pour l'eau de refroidissement. Le capot 42 du noyau est raccordé au tube 57a d'évacuation de l'eau de refroidissement, dont le profil est sensiblement circulaire, pour évacuer l'eau de refroidissement qui a participé à un échange thermique avec les gaz EGR, hors du noyau 3. A cet égard, ce tube 55 d'introduction de l'eau de refroidissement et ce tube 57 d'évacuation de l'eau de refroidissement sont réalisés en acier inoxydable, dont la résistance à la corrosion est élevée.

Dans cette forme de réalisation, les faces de transfert thermique ou faces internes de la première plaque de formage 1, de la seconde plaque de formage 2, l'ailette interne 8, le réceptacle 41 du noyau et le capot 42 du noyau sont exposés aux gaz EGR, dont la température n'est pas inférieure à 400°C et qui contiennent un sulfure, de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique, des ions ammonium et de l'acide acétique. C'est pourquoi, elles sont formées d'une tôle métallique en acier inoxydable, dont la résistance à la corrosion est élevée. Les sections de

jonction de ces éléments, à savoir la première plaque de formage 1, la seconde plaque de formage 2, l'ailette interne 8, le réceptacle 41 du noyau et le capot 42 du noyau, sont réunis par brasage, moyennant l'utilisation  
5 d'une brasure formée d'un alliage de cuivre ou de nickel.

Sur les faces de transfert thermique d'une pluralité de tubes 7 formant trajets pour les gaz d'échappement (un couple formé de la première plaque de formage 20 et de la seconde plaque de formage 2) et sur les  
10 faces internes de la paroi du réceptacle 41 du noyau, du capot 42 du noyau, de la section de jonction 52 d'introduction des gaz d'échappement et de la section de jonction 52 d'évacuation des gaz d'échappement sont recouvertes de pellicules de verre à base d'oxyde de  
15 silicium ( $\text{SiO}_2$ ) (matériau de revêtement sous forme d'une pellicule mince transparente), dont la résistance à la chaleur est élevée et qui empêche fortement l'adhérence de la suie. A cet égard, l'épaisseur de paroi de la première plaque de formage 1 et l'épaisseur de paroi de la seconde  
20 plaque de formage 2 sont égales à 0,4 mm, l'épaisseur de paroi de l'ailette interne 8 est égale à 0,2 mm, l'épaisseur de paroi du réceptacle 41 du noyau et du capot 42 du noyau est comprise entre 1,5 et 2,0 mm et l'épaisseur de la pellicule de verre à base de  $\text{SiO}_2$  est comprise entre  
25 quelques micromètres et quelques dizaines de micromètres. Ci-après, en référence aux figures 1 à 5, on va expliquer brièvement un procédé de fabrication de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement de cette forme de réalisation.

Comme cela est représenté sur les figures 3 à 5, on  
30 superpose successivement dans le sens de la hauteur la première plaque de formage 1, la seconde plaque de formage 2 et les ailettes internes 8, dans le sens de la hauteur sur le dessin de sorte que le noyau d'échange thermique 3 est provisoirement incorporé dans le capot 42 de noyau.  
35 Ensuite on place le réceptacle 41 du noyau sur le noyau

d'échange thermique 3 à partir du haut sur le dessin de telle sorte que le réceptacle 41 du noyau recouvre le noyau d'échange thermique 3. Simultanément, on repousse le réceptacle 41 du noyau à l'aide d'un gabarit à partir du côté supérieur sur le dessin de sorte que le capot 42 du noyau, le noyau d'échange thermique 3 et le réceptacle 41 du noyau sont fixés provisoirement.

Ensuite on introduit provisoirement la section de jonction 52 d'introduction des gaz d'échappement, dans la section de paroi latérale de droite du réceptacle 41 pour le noyau, et on introduit provisoirement la section de jonction 54 d'évacuation des gaz d'échappement dans la section de paroi de gauche du réceptacle 41 pour le noyau. Ensuite, on introduit provisoirement le tube 55 d'introduction de l'eau de refroidissement dans la section de paroi de plafond sur le côté d'extrémité supérieur du réceptacle 41 du noyau et on incorpore provisoirement le tube 57 d'évacuation de l'eau de refroidissement dans le capot 42 du noyau. Sinon, on peut exécuter l'assemblage provisoire de la manière suivante. On fixe par matage entre eux le tube 55 pour l'eau de refroidissement et le capot 42 du noyau, et on fixe par matage entre eux le tube 55 d'introduction de l'eau de refroidissement et le réceptacle 41 du noyau. Ensuite on place le noyau d'échange thermique 3 sur le capot 42 du noyau de sorte que le réceptacle 41 du noyau recouvre ce capot. On atteint ainsi l'état d'assemblage provisoire.

Après avoir introduit une brasure telle qu'un alliage de cuivre ou de nickel dans les sections de jonction de la première plaque de formage 1, de la seconde plaque de formage 2, de l'ailette interne 8, du réceptacle 41 du noyau et du capot 42 du noyau, on fait chauffer la brasure et on a fait fondre dans un four de chauffage tel qu'un four de chauffage à vide à des températures supérieures au point de fusion de la brasure. De cette

manière, le noyau d'échange thermique 3, dans lequel sont superposés une pluralité de plusieurs premières plaques de formage 1 et de plusieurs secondes plaques de formage 2, et le boîtier 4 du noyau sont fixés d'un seul tenant entre eux par brasage. Compte tenu de ce qui précède, on réalise un échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10, dont la propriété de résistance à la corrosion est excellente.

On immerge à l'intérieur de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10, qui de cette façon est brasé d'une manière intégrée, dans la solution de traitement de  $\text{SiO}_2$ , c'est-à-dire que la paroi intérieure du boîtier 4 du noyau et la face de transfert thermique d'une pluralité de tubes 7 formant trajets de circulation des gaz d'échappement (qui sont prévus un couple formé par la première plaque de formage 1 et la seconde plaque de formage 2) du noyau d'échange thermique 3, sont immergées dans la solution de traitement de  $\text{SiO}_2$ . Dans ce dans, pour étaler la solution de traitement formée de  $\text{SiO}_2$  sur toutes les surfaces ailettes, dont les profils sont compliqués, il est préférable de mettre en dépression l'intérieur de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 au moyen d'une pompe à vide de manière à réduire la pression à un état de vide, correspondant à une pression inférieure à la pression atmosphérique, puis on injecte la solution de traitement formée de  $\text{SiO}_2$ . Ensuite, on retire l'excès de la solution de traitement en  $\text{SiO}_2$  qui existe dans l'échange de chaleur à gaz d'échappement 10, et on fait sécher l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10.

Compte tenu de ce qui précède, on recouvre la face de transfert thermique de la pluralité des tubes 7 formant trajet de circulation des gaz d'échappement et les faces de paroi intérieure du réceptacle 41 du noyau, du capot 42 du noyau, de la section de jonction 52 d'introduction des gaz d'échappement et de la section de jonction 54 d'évacuation des gaz d'échappement, par des pellicules de verre à base

d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ). Dans ce cas, on peut prévoir plusieurs types de solutions de traitement formées  $\text{SiO}_2$ . Il est commun d'utiliser une solution de traitement formée de  $\text{SiO}_2$  comme agent principal, un agent de durcissement, un diluant et un additif. Bien que cela dépende de la composition, on peut faire sécher certains types de solutions de traitement à une température ordinaire. Cependant, lorsqu'on augmente la température de séchage, on peut réduire la durée de séchage, de sorte que l'on peut réduire le temps de travail. Dans cette forme de réalisation, le séchage est exécuté dans les conditions correspondant à  $150^\circ\text{C} \times 30$  minutes.

On va expliquer ci-après la caractéristique de cette forme de réalisation. Comme cela a été décrit précédemment, dans le dispositif 15 de circulation des gaz d'échappement, de cette forme de réalisation, destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne, la face de transfert thermique du trajet 5 des gaz d'échappement, qui est formée dans une pluralité de tubes formant trajets des gaz d'échappement, de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 et les faces intérieures du réceptacle 41 du noyau et du capot 42 du noyau sont recouverts d'un matériau de revêtement, dont la température de résistance à la chaleur n'est pas inférieure à  $500^\circ\text{C}$  et qui présente une excellente propriété empêchant la suie d'adhérer à ce matériau. Compte tenu de ce qui précède, il est possible d'accroître l'angle de contact fourni entre la suie et la face de transfert thermique du trajet 5 des gaz d'échappement formé dans le tube 7 formant trajet des gaz d'échappement de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 ou il est également possible d'accroître l'angle de contact formé entre la suie et les faces intérieures du réceptacle 41 du noyau et le capot 42 du noyau, au cours de l'utilisation du dispositif 15 de recirculation des gaz d'échappement destiné à être utilisé dans un moteur à

combustion interne.

Compte tenu de ce qui précède, il devient difficile que de la suie s'accumule sur la face de transfert thermique du trajet 5 des gaz d'échappement et sur les faces intérieures du réceptacle 41 du noyau et du capot 42 du noyau. Par conséquent, il est possible de réduire l'apparition d'une obstruction du trajet 7 des gaz d'échappement. De cette manière, il est possible d'empêcher une réduction de la section transversale du trajet 5 des gaz d'échappement. C'est pourquoi, on peut réduire l'accroissement de la résistance au tirage sur le côté d'arrivée des gaz des tubes 21 à 23 de reflux des gaz d'échappement du dispositif 15 de recirculation des gaz d'échappement, utilisé dans n moteur à combustion interne. De ce fait il est possible d'atténuer une réduction du débit des gaz EGR. C'est pourquoi il est possible de garantir la quantité requise de gaz EGR.

Sur les faces de transfert thermique de la première plaque de formage 1 et de la seconde plaque de formage 2 réalisées en acier inoxydable, qui sont réalisées avec les profilés de pièces on forme des pellicules de verre à base d'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), dont l'épaisseur va de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres. Etant donné que l'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) du verre est incombustible, il ne peut pas brûlé lorsqu'il est utilisé dans un environnement, dont la température est égale approximativement à  $500^\circ\text{C}$ . C'est pourquoi le verre à base d'oxyde de silicium peut être utilisé d'une manière stable et qu'une adhérence de la suie à la surface interne du trajet des gaz d'échappement dans le tuyau 7 de trajet pour les gaz d'échappement est empêchée d'une manière continue.

En outre, la résistance des pellicules de verre à base de  $\text{SiO}_2$  vis-à-vis des acides est excellente. C'est pourquoi, les pellicules de verre formées de  $\text{SiO}_2$  ne sont pas corrodées par les gaz d'échappement à haute température

ni par l'eau condensée des gaz d'échappement (eau fortement acide). C'est pourquoi, on peut obtenir un autre effet selon lequel la corrosion interne de l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 est empêchée étant donné que la corrosion interne d'une pluralité de tubes formant trajets des gaz d'échappement peut être empêchée.

Dans une autre forme de réalisation, on adapte l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 qui possède un noyau d'échange thermique 3, dans lequel les tubes 3 formant trajets des gaz d'échappement, constitués par un coupe formé de la première plaque de formage 1 et de la seconde plaque de formage 2 et les ailettes internes 8 sont alternativement superposées. Sinon, il est possible d'adapter un échangeur de chaleur à gaz d'échappement possédant un noyau d'échange thermique, dans lequel les tubes formant trajets pour les gaz d'échappement, qui sont formés d'une seule tenant par extrusion ou étirage, et les ailettes de transfert thermique sont superposées d'une manière alternée.

Dans cette forme de réalisation, la présente invention est appliquée à l'échangeur de chaleur à gaz d'échappement 10 qui est monté entre les tubes 21, 22 de reflux des gaz d'échappement du dispositif de recirculation des gaz d'échappement, destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne, dans lequel une partie des gaz d'échappement dans le tube 13 de gaz d'échappement du moteur 11 est renvoyée à la tubulure d'admission 12. Cependant il est possible d'appliquer la présente invention à un autre échangeur de chaleur à gaz d'échappement, tel qu'un dispositif de récupération de chaleur des gaz d'échappement, qui est disposé dans un pot d'échappement ou silencieux pour récupérer l'énergie thermique des gaz d'échappement.

Bien que l'invention ait été décrite en référence à des formes de réalisation spécifiques choisies à titre

d'illustration, il apparaîtra à l'évidence que l'on peut y apporter de nombreux changements et modifications, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDECATIONS

1. Echangeur de chaleur à gaz d'échappement, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs tubes (7) formant trajet pour les gaz d'échappement, dans lesquels  
5 est formé un trajet pour les gaz d'échappement, que de la chaleur est échangée entre les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne circulant dans les tubes (7) formant trajet pour les gaz d'échappement et un fluide circulant vers l'extérieur des tubes formant trajet pour  
10 les gaz d'échappement et qu'un matériau de revêtement, dont la température de résistance à la chaleur est élevée et qui est efficace pour empêcher une adhérence de la suie, recouvre une face intérieure d'un trajet des gaz d'échappement d'au moins un tube parmi ceux qui forment  
15 trajet pour les gaz d'échappement.

2. Echangeur de chaleur pour gaz d'échappement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les tubes (7) formant trajet pour les gaz d'échappement sont réalisés en acier inoxydable en étant conformés d'une manière  
20 adaptée aux profils de pièces au moyen d'un formage à la presse, et que le matériau de revêtement est une pellicule de verre à base d'oxyde de silicium,, dont l'épaisseur est comprise entre quelques micromètres et quelques dizaines de micromètres et qui est formée sur une face de transfert  
25 thermique de l'acier inoxydable.

3. Echangeur de chaleur pour gaz d'échappement selon la revendication 2, caractérisé en ce que la pellicule de verre à base d'oxyde de silicium est formée lorsqu'une face intérieure du trajet pour les gaz  
30 d'échappement du tube (7) formant trajet pour les gaz d'échappement est immergée dans une solution de traitement formée de  $\text{SiO}_2$ .

4. Echangeur de chaleur pour gaz d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,  
35 caractérisé en ce que des ailettes d'échange thermique (35,

36) servant à faciliter l'échange thermique entre les gaz d'échappement et un fluide d'un moteur à combustion interne sont disposés entre deux tubes formant trajet pour les gaz d'échappement, qui sont adjacents l'un à l'autre.

Fig.1

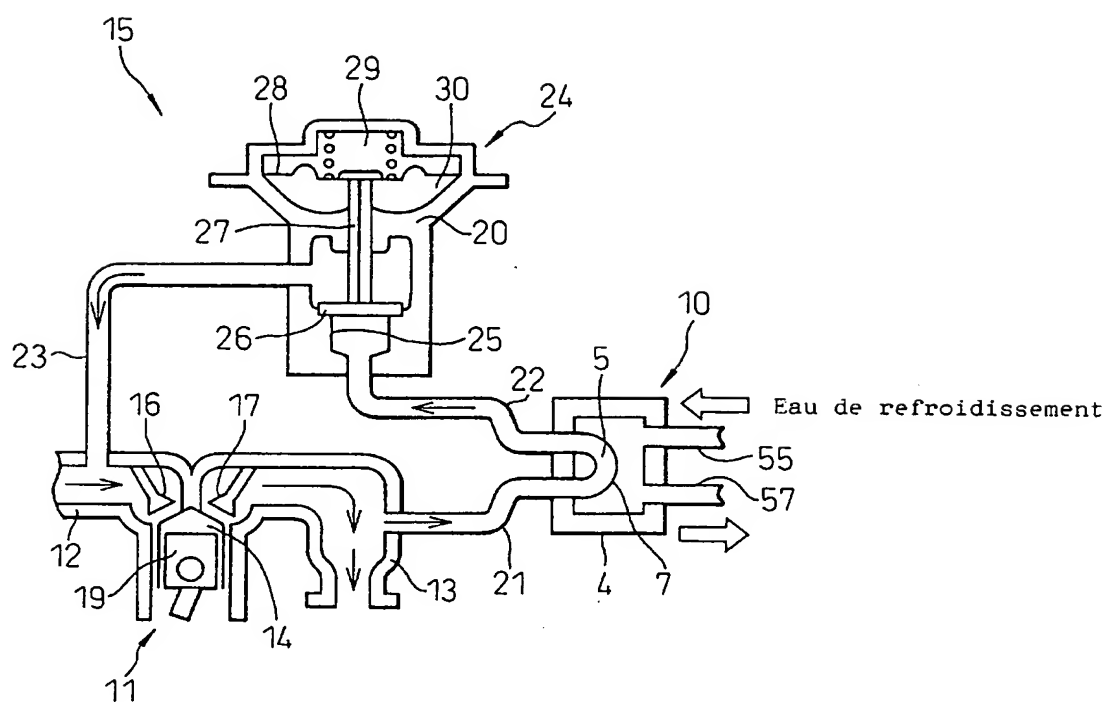


Fig.2

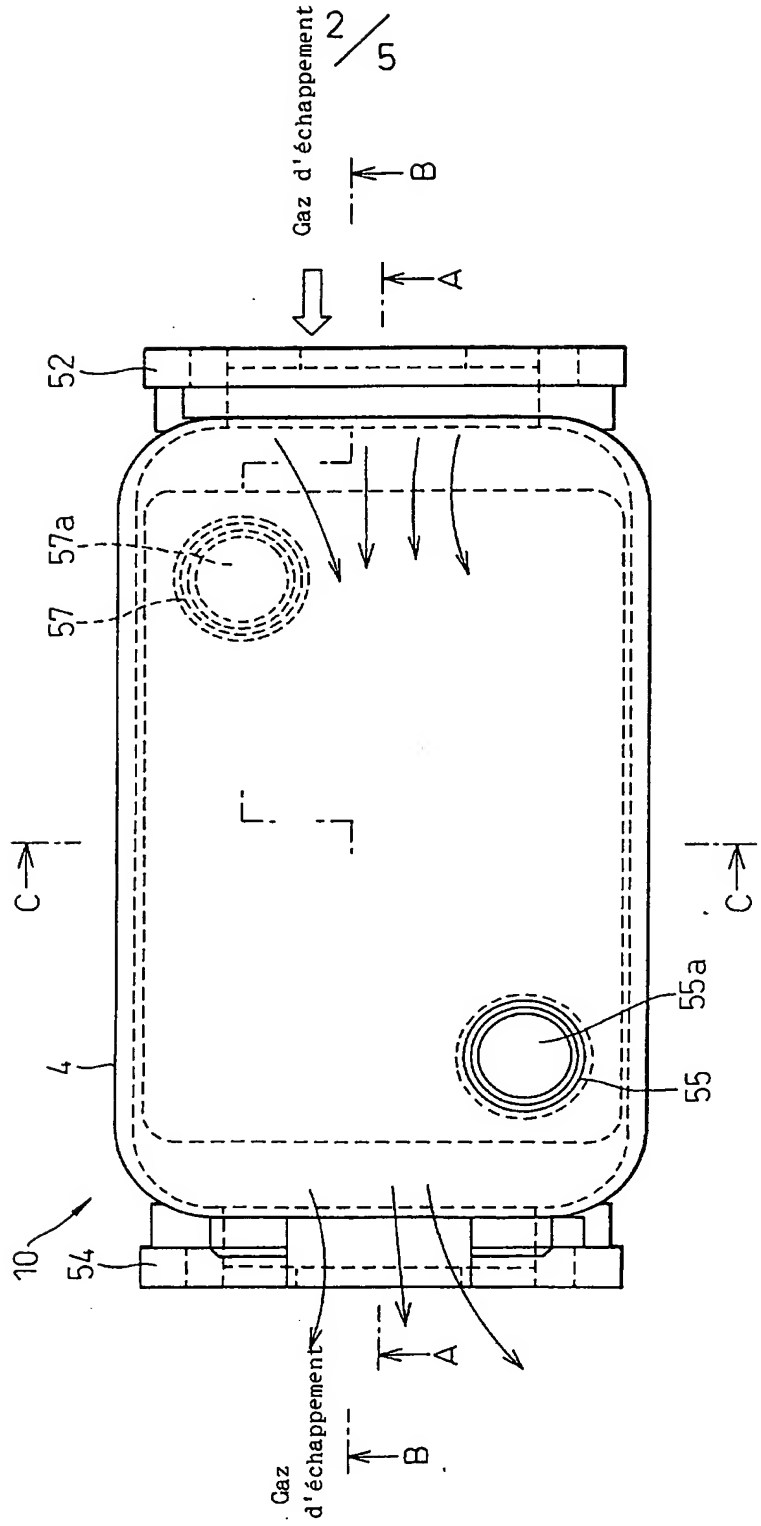
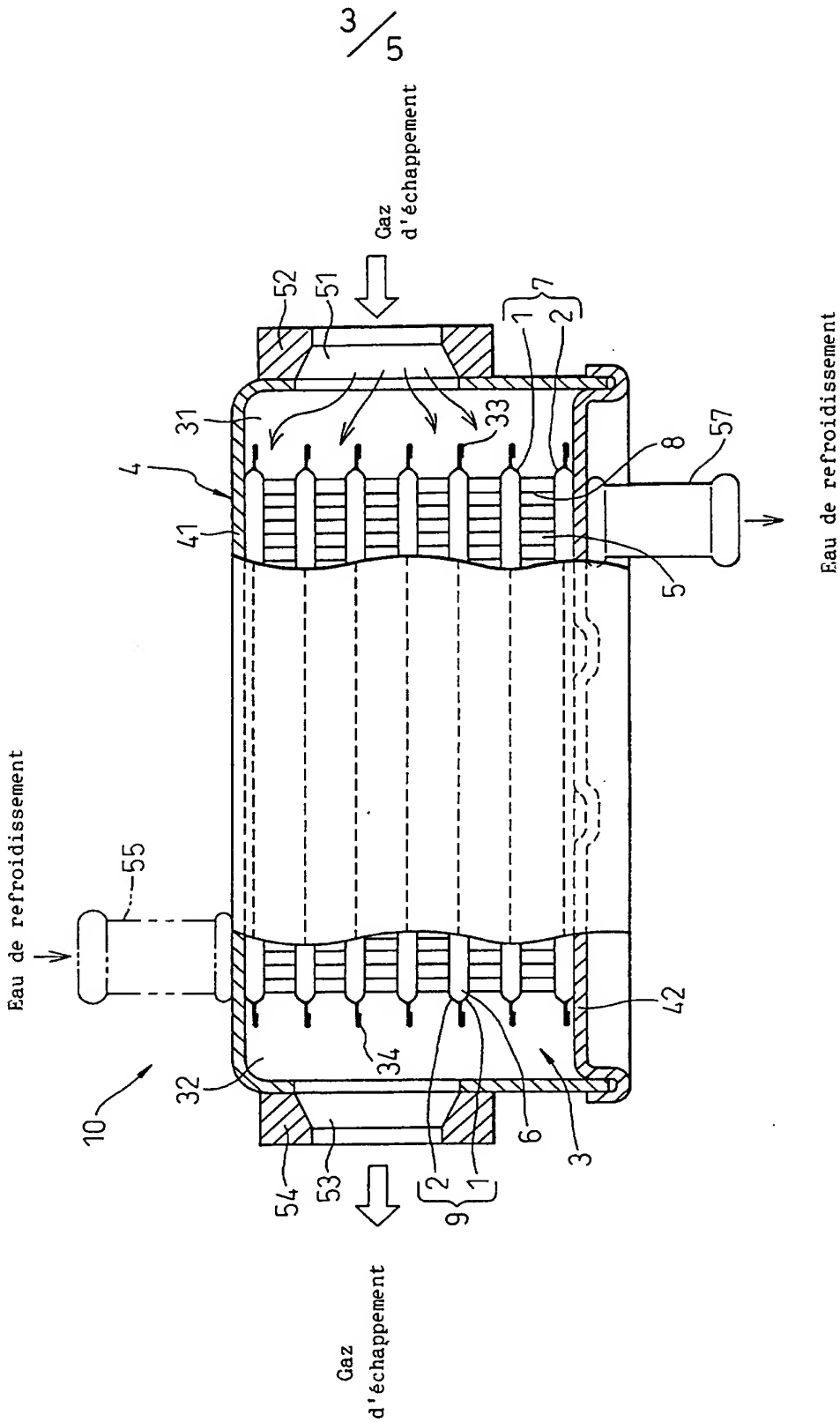


Fig.3



4  
5

Fig.4

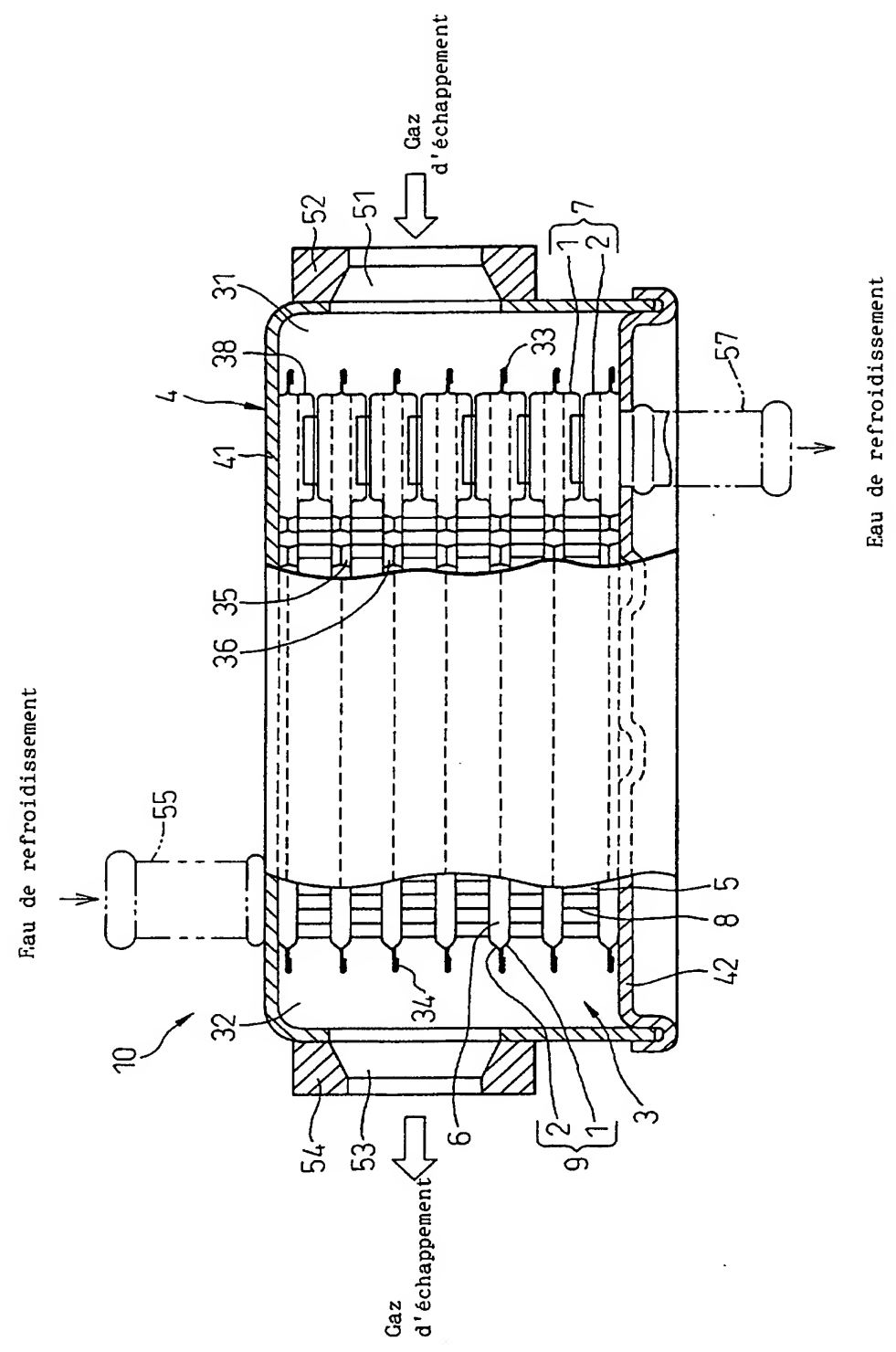


Fig.5

